**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CATALUÑA**

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DEL TERRENO, CARTOGRÁFICA Y GEOFÍSICA

# EVALUACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO MEDIANTE MÉTODOS AVANZADOS Y TÉCNICAS GIS. APLICACIÓN A LA CIUDAD DE BARCELONA.

**TESIS DOCTORAL**
(Volumen I)

Autora:

***Mª Nieves Lantada Zarzosa***

Directores:

***Dr. Luis G. Pujades Beneit***

***Dr. José A. Gili Ripoll***

*Barcelona, 2007*

# REFERENCIAS


Aboelata, M., Bowles, D. S. y McClelland, D. M. (2002). GIS Model for Estimating Dam Failure Life Loss. *Proceedings of the Tenth Conference risk-based decision making in water resources X*, Santa Barbara, CA, United States, American Society of Civil Engineers**,** 126-145.

Alafont, L. S. y Ortiz, J. (1999). Análisis de la peligrosidad sísmica en el Alto Aragón utilizando un Sistema de Información Geográfica. *I Jornadas de Sistemas de Información Geográfica en los riesgos naturales y en el medio ambiente*, Madrid**,** 97-109.

Aronoff, S. (1989). *Geographic Information Systems: A management perspective*. WDL Publications, Otawa (Canadá). 293 pp.

Ajuntament de Barcelona (1992). *Estadística Municipal. El teixit inmobiliari de Barcelona 1991*. Departament d' Estadística, Barcelona. 175 pp. (en catalán).

Ajuntament de Barcelona (2002). *Barcelona Posa't guapa*. Suplement temàtic especial, La Vanguardia. Barcelona. 1-14pp. (en catalán).

Ajuntament de Barcelona (2004), Departament d' Estadística de l'Ajuntament de Barcelona. Disponible en: <http://www.bcn.cat/estadistica/catala/dades/timm/index.htm> [último acceso: 23 de marzo de 2007].

Ajuntament de Barcelona (2005). *Anuari estadístic de la ciutat de Barcelona 2005*. Departament d' Estadística, Barcelona. 571 pp. (en catalán). Disponible en: <http://www.bcn.cat/estadistica/catala/dades/tpob/ine/a2004/index.htm> [último acceso: 23 de marzo de 2007].

Ajuntament de Barcelona (2007), La Barcelona dels barris. Disponible en: <www.bcn.es/bcnbarris/ca> [último acceso: 2 de enero de 2007] (en catalán).

Alafont, L. S. y Ortiz, J. (1999). Análisis de la peligrosidad sísmica en el Alto Aragón utilizando un Sistema de Información Geográfica. *I Jornadas de Sistemas de Información Geográfica en los riesgos naturales y en el medio ambiente*, Madrid**,** 97-109.

Ambraseys, N. N., Simpson, K. A. y Bommer, J. J. (1996). "Prediction of horizontal response espectra in Europe". *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* **25**: 375-400.

Angeletti, P., Bellina, A., Guagenti, E., Moretti, A. y Petrini, V. (1988). Comparison between vulnerability assessment and damage index, some results. *Proceedings of the 9th World Conference on Earthquake Engineering*, Tokyo- Kyoto, Japan**,** 181-186.

ATC-13 (1985). *Earthquake damage evaluation data for California, ATC-13*. Applied Technology Council. Redwook City, California. 492 pp.

ATC-25 (1991). *Seismic Vulnerability and impact of disruption on lifelines in the coterminous United States.* Applied Technology Council. Redwook City, California.

ATC-40 (1996). *Seismic Evaluation and Retrofit of Concrete Buildings.* 2 vols, Applied Technology Council. Redwook City, California.

Ayala, D. F., Spence, R. J. S., Olivera, C. S. y Silva, P. (1996). Vulnerability of buildings in historic town centres: a limit-state approach. *Proceedings of the Eleventh World*

*Conference on Earthquake Engineering*, Acapulco (México), Elsevier Science Ltd**,** 8.

Baeza, C. (1994). Evaluación de las condiciones de rotura y la movilidad de los deslizamientos superficiales mediante el uso de técnicas de análisis multivariante. *Tesis doctoral*. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

Barbat, A. H. (1998). *El riesgo sísmico en el diseño de edificios.Cuadernos técnicos 3.* Calidad Siderúrgica, Madrid. 248 pp.

Barbat, A. H., Yépez, F. y Canas, J. A. (1996). "Damage scenarios simulation for seismic risk assessment in urban zones". *Earthquake spectra* **12** (3): 371-394.

Bard, P. Y. (1997). Local effects on strong ground motion: basic physical phenomena and estimation methods for microzoning studies. *Proc. of the advanced study course on seismic risk SERINA,* Salónica, Grecia**,** 229-299.

Benedetti, D. y Petrini, V. (1984). "Sulla vulnerabilitá sismica di edifici in muratura: Proposte di un metodo di valutazione." *L'industria delle Construzioni* **149**: 66-78 (en italiano).

Bernardini, A., Lagomarsino, S. y Giovinazzi, S. (2007). The vulnerability assessment of current buildings by a macroseismic approach derived by the EMS-98 scale. *Memorias del 3r Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica,* Girona (España), CIMNE.

Berz, G., Kron, W., Loster, T., Rauch, E., Schimetschek, J., Schmieder, J., Siebert, A., Smolka, A. y Wirtz, A. (2001). "World map of natural hazards - a global view of the distribution and intensity of significant exposures". *Natural Hazards* **23** (2-3): 443-465.

Bethea, R. M. y Rhinehart, R. R. (1991). *Applied engineering statistics.* Statistics: textbooks and monographs, vol. 121. M. Dekker, New York (USA). 401 pp.

Bitelli, G., Camassi, R., Gusella, L. y Mognol, A. (2004). Remote sensing imagery for damage assessment of buildings after destructive seismic events. *Management Information Systems***,** 725.

Blais, N. C., Seligson, H. A. y Petrow, A. J. (1996). Use of rapid damage assessment and geographic information systems for emergency response in the northridge earthquake. *Proceedings of the eleventh World Conference on Earthquake Engineering,* Acapulco (Mexico), Elservier Science Ltd**,** 8.

BOE: Boletín Oficial del Estado (1995). *Directriz Básica de Planificación de Protección Civil ante el Riesgo Sísmico*. 15294-15304 pp.

Boletín Económico de la Construcción (2005). (Año 65 1r. trimestre. No. 257-259 enero-marzo 2005): 206-211.

Bonett, R., Barbat, A. H., Pujades, L. G., Lagormarsino, S. y Penna, A. (2004). Performance assessment for unreinforced masonry buildings in low seismic hazard areas. *Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering,* Vancouver B.C (Canadá), CD-ROM**,** Paper No. 409.

Bonett, R. L. (2003). Vulnerabilidad y riesgo sísmico de edificios. Aplicación a entornos urbanos en zonas de amenaza alta y moderada. *Tesis doctoral*. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. 474 pp.

Borcherdt, R. D., Lawson, S., Pessina, V., Bouabid, J. y Shah, H. (1995). Application of Geographic Information System technology (GIS) to seismic zonation and

earthquake loss estimation. *Proceedings of the Fifth International Conference on Seismic Zonation,* Nice (France)**,** 1933-1973.

Boyle, R. R. y Clark, W. A. V. (1964). "The concept of shape in geography". *Geographical review* (54): 561-572.

Braga, F., Dolce, M. y Liberatore, D. (1982). Southern Italy November 23, 1980 earthquake: a statistical study on damage building and an ensuing review of the MSK-76 scale. *Proceedings of the 7th European Conference on Earthquake Engineering.* Athens, Greece.

Braga, F., Dolce, M. y Liberatore, D. (1985). Assessment of the relationships between macroseismic intensity, type of building and damage, based on the recent Italy earthquake data. *Proceedings of the 8th European Conference on Earthquake Engineering,* Lisbon, Portugal.

Brookshire, D. S., Chang, S. E., Cochrane, H., Olson, R. A., Rose, A. y Steenson, J. (1997). "Direct and indirect economic losses from earthquake damage". *Earthquake Spectra* **13** (4): 683-702.

Bruzewicz, A. J.(2000). Emergency management. Mexican Delegation. U.S. Army Corps of Engineers, Hanover, New Hampshire.

Bunge, W. (1962). "Theoretical Geography". *Lund Studies in Geography, Ser. C. No. 1*.

Burton, I., Kates, R. W. y White, G. F. (1978). *The environment as Hazard*. Oxford University Press, New York. 240 pp.

Caicedo, C. (1993). Vulnerabilidad sísmica en zonas urbanas. Aplicación a un sector del Eixample de Barcelona. *Tesis doctoral*. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. 165 pp.

Canavos, G. C. (2001). *Probabilidad y Estadística. Aplicaciones y métodos*. McGraw-Hill, Madrid. 652 pp.

Candinali, M., Carrara, A., Guzzetti, F. y Reichenbach, P. (1996). GIS-based predictive models of landslide occurrence. *Workshop on Geographical Information Systems and Major Hazards,* Walferdange (Grand Duchy of Luxemburg).

Cardona, O. D. (2001). Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos. *Tesis doctoral*. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. 322 pp.

Carr, A.(2000). *Inelastic Dynamic Analysis Program: RUAUMOKO and Post-processor for RUAUMOKO.* Department of Civil Engineering. University of Canterbury, New Zealand.

Carreño, M. L. (2006). Técnicas innovadoras para la evaluación del riesgo sísmico y su gestión en centros urbanos: Acciones *ex ante* y *ex post*. *Tesis doctoral*. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. 278 pp.

Casciati, F., Giorgi, F. y Pagani, M. (1996). GIS aided image comparison for seismic damage detection. *Workshop on Geographic Information Systems and Major Hazards,* Walferdange (Gran Duchy of Luxemburg).

Castelló, D. y Mañà, F. (2004). *The vulnerability of old buildings in the Eixample district*. ITEC, Barcelona.

Castillo, A. (2005). Seismic risk scenarios for buildings in Mérida, Venezuela. Detailed vulnerability assessment for non-engineered housing. *Tesis doctoral*. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. 348 pp.

Cella, F., Grimaz, S., Meroni, F., Petrini, V., Tomasoni, R. y Zonno, G. (1994). A case study for seismic vulnerability assessment using GIS connected to Expert System. *Conférence Utilisateurs Européenne,* Paris (France)**,** 26pp.

Cella, F., Luzi, L., Meroni, F., Ober, G., Pergalani, F., Petrini, V., Tomasoni, R. y Zonno, G. (1998). *SERGISAI project final report. By the partner CNR-IRRS. Final Report*. Scientist in Charge: Gaetano Zonno. Contract Number: ENV4-CT96-0279. 71-220 pp.

CEN (2004). *Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance. Part 1: General rules, seismic actions and rules for buildings.* Comité Européen de Normalisation, Brussels. 219 pp.

CGCCT: Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria (1989). *Informatización de la cartografía catastral*, Madrid. 175 pp.

Chávez, J. (1998). Evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo sísmico a escala regional: Aplicación a Cataluña. *Tesis doctoral*. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. 323 pp.

Chen, Q. F., Chen, Y., Liu, J. y Chen, L. (1997). "Quick and approximate estimation of earthquake loss based on macroscopic index of exposure and population distribution". *Natural Hazards* **15** (2-3): 217-229.

Cid, J. (1998). Zonación sísmica de la ciudad de Barcelona basada en métodos de simulación numérica de efectos locales. *Tesis doctoral*. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. 215 pp.

Cid, J., Susagna, T., Goula, X., Chavarria, L., Figueras, S., Fleta, J., Casas, A. y Roca, A. (2001). "Seismic Zonation of Barcelona Based on Numerical Simulation of Site Effects." *Pure Applied Geophysics* **158**: 2559-2577.

Coburn, A. y Spence, R. (1992). *Earthquake Protection*. Jonh Wiley & Sons, Chinchester, England. 355 pp.

Coburn, A. y Spence, R. (2002). *Earthquake Protection (2nd edition)*. John Wiley & Sons, Chichester, England. 420 pp.

Comfort, L. K. (1999). *Shared Risk: Complex Systems in Seismic Response*. Elsevier Science Ltd., Kidlington, Oxford (UK). 322 pp.

DOGC: Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya (2003), Resolución JUI/1915/2003, de 20 de mayo, por el que se da publicidad al acuerdo del Gobierno de 13 de mayo por el que se aprueba el plan especial de emergencias sísmicas de Cataluña (SISMICAT), DOGC N. 3912 de 26/672003, p. 12896. Disponible en: <http://www.gencat.net/interior/leg/2003r1915.pdf> [último acceso: 23 de marzo de 2007] (en catalán).

Dolce, M., Zuccaro, G., Kappos, A. y Coburn, A. (1994). Report of the EAEE Working Group 3: Vulnerability and risk analysis. *Proceedings of the 10th European Conference on Earthquake Engineering,* Vienna**,** 3049-3077.

Dufumier, H. (2001). "Synthesis of magnitude and focal mechanism coputations for the M>=4.5 earthquakes in France for period 1995-2000." *Journal of Seismology (in press)*.

Eguchi, R. T., Goltz, J. D., Hope, A., A.Seligson, Flores, P. J., Blais, N. C., Heaton, T. H. y Bortugno, E. (1997). "Time loss estimation as an emergency response decision support system: The Early Post-Earthquake Damage Assessment Tool (EPEDAT)". *Earthquake spectra* **13** (4): 815-832.

Fajfar, P. (2002). Structural analysis in earthquake engineering - A breaktrough of simplified non-linear methods. *Proceedings of the 12th European Conference on Earthquake Engineering*, London.

Fajfar, P. y Gaspersic, P. (1996). "The N2 method for the seismic damage analysis of RC buildings ". *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* **25**: 23-67.

Felpeto, A., Araña, V., Ortíz, R., Astiz, M. y García, A. (2001). "Asessment and modelling of lava flow hazard on Lanzarote (Canary Islands)". *Natural Hazards* **23**: 247-257.

FEMA (1992). *Handbook for the seismic evaluation of the existing buildings. FEMA 178.* Federal Emergency Management Agency, Washington, D.C., USA.

FEMA: Federal Emergency Management Agency (1997). *NEHRP Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings*. FEMA-273, US Federal Emergency Management Agency.

FEMA: Federal Emergency Management Agency (2000). *HAZUS 99 Estimated annualised earthquake losses for the United States.*Washington, USA. Disponible en: <http://www.fema.gov/plan/prevent/hazus/> [último acceso: 23 de marzo de 2007].

FEMA/NIBS: Federal Emergency Management Agency and National Institute of Building Sciences (1999). *HAZUS' 99 technical manual. Earthquake Loss Estimation Methodology*, Washington, D.C., USA.

Fleta, J., Escuer, J., Goula, X., Olivera, C. S., Combes, P., Grellet, B. y Granier, T.(1998). *Zonación tectónica, primer estadio de la zonación sismotectónica del NE de la península Ibérica (Cataluña)*. Geogaceta. **20**, 853-856.

Furdada, G. (1996). Estudio de los aludes de nieve en el Pirineo occidental de Catalunya: predicción espacial y aplicaciones de la cartografía. *Tesis doctoral*. Dpto. Geología Dinámica, Geofísica y Paleontología. Universidad de Barcelona, Barcelona.

Galasco, A., Lagomarsino, S. y Penna, A. (2002). *TreMuri Program: Seismic Analyser of 3D masonry buildings. Technical report.* Universidad de Génova, Italia.

Giovinazzi, S. (2005). The vulnerability assessment and the damage scenario in seismic risk analysis. *Tesis doctoral*. The Department of Civil Engineering of the Technical University Carolo-Wilhelmina at Brannschweig, and The Facultiy of Engineering Department of Civil Engineering of the University of Florence. Florence, Italy. 200 pp.

Giovinazzi, S. y Lagomarsino, S. (2002). *WP04: Guidelines for the implementation of the I level methodology for the vulnerability assessment of current buildings*. Genoa, Italy.

Giovinazzi, S. y Lagomarsino, S. (2003). Comunicación personal, Genoa, Italy.

González Díaz, M. (2000). *Simulación post-evento de los efectos de un terremoto*. Informe técnico núm. GS-128/00. Institut Cartogràfic de Catalunya, Barcelona. 241 pp.

Goretti, A. y Sarli, V. (2006). "Road Network and Damaged Buildings in Urban Areas: Short and Long-term Interaction". *Bulletin of Earthquake Engineering* **4** (2): 159-175.

Grimaz, S., Meroni, F., Petrini, V., Tomasoni, R. y Zonno, G. (1998). "Il ruolo dei dati di dannegiamento del terremoto del Friuli, nello studio di modelli di vulnerabilità sismica degli edifici in muratura. " *La scienza e i terremoti - Analisi e prospettive dall' esperienza del Friuli-1976/1996*: 14-16 Novembre 1996, Udine.

Grünthal, G. (1998). *European Macroseismic Scale 1998*. Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Luxemburg.

Guagenti, E. y Petrini, V. (1989). Il caso delle vecchie costruzioni: verso una nuova legge danni-intensità. *Proceedings of the 4th Italian National Conference on Earthquake Engineering,* Milan, Italy**,** 145-153.

Gülkan, P. y Sucuoglu, H. (1992). Earthquake vulnerability, loss and risk assessment in Turkey. *Proceedings of the X World Conference on Earthquake Engineering,* Madrid (España)**,** 539-543.

Howden, A. Group Limited (1995). *Megacities: reducing vulnerability to natural disasters*. The Institution of Civil Engineers. 170 pp.

IAEE (1996). *Regulations for Seismic Design. A World List*. International Association for Earthquake Engineering, Tokyo.

ICB, S. A.: Informació Cartogràfica i de Base, S.A. (1986). *Recull de gràfiques, instruccions i supports de recollida d'informació impresos i altres documents*. Ajuntament de Barcelona, Barcelona. 52 pp. (en catalán).

IMI: Institut Municipal d'Informàtica (2002). *Informació del Centre de Cartografia Automàtica (InfoCCA).* Ajuntament de Barcelona, Barcelona. (en catalán).

Irizarry, J. (2004). An Advanced Approach to Seismic Risk Assessment. Application to the Cultural Heritage and the Urban System Barcelona. *Tesis doctoral*. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. 290 pp.

Irizarry, J., Goula, X. y Susagna, T. (2002). *Seismic Hazard Assesment for the City of Barcelona*. Institut Cartogràfic de Catalunya, Barcelona. 95 pp.

Islam, M. M. y Sado, K. (2002). "Development Priority Map for Flood Countermeasures by Remote Sensing Data with Geographic Information System". Journal of Hydrologic Engineering **07** (5): 346-355.

Iwai, S. y Kameda, H. (2000). Post-event data collection using mobile GIS/GPS and development of seismic evaluation technique for damage. *12th World Conference on Earthquake Engineering,* Auckland, New Zealand, CD-ROM**,** Paper No. 2056.

Jiménez, M. E., Carrera, E., Terrasa, L. y Benito, B. (1998). Estimación de la peligrosidad sísmica utilizando un sistema de información geográfica. Aplicación al sureste de la Península Ibérica. *I Asamblea Hispano-Portuguesa de Geodesia y Geofísica,* Aguadulce (Almería)**,** 215.

Jiménez, M. J., García-Fernández, M., Zonno, G. y Cella, F. (2000). "Mapping soil effects in Barcelona, Spain, through an integrated GIS environment". Soil Dynamics and Earthquake Engineering **19** (No. 4): 289-301.

King, S. A. y Kiremidjian, A. S. (1994). *Regional seismic hazard and risk analysis through geographic information systems*. Jonh A. Blume Earthquake Engineering Center. Stanford University, Stanford. 168 pp.

Lagomarsino, S. (2007). Mechanical models for the vulnerability assessment of current buildings. *Memorias del 3r Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica,* Girona (España), CIMNE.

Lagomarsino, S., Galasco, A. y Penna, A. (2002). Pushover and dynamic analysis of URM buildings by means of a non-linear macro-element model. *International Conference on Earthquake Loss Estimation and Risk Reduction. Technical presentation. Risk-UE project.*, Bucharest Meeting.

Lagomarsino, S. y Giovinazzi, S. (2006). "Macroseismic and mechanical models for the vulnerability assessment of current buildings". Bulletin of Earthquake Engineering. Special Issue "The Risk-UE Project" **4** (4): 415-443.

Lagomarsino, S., Giovinazzi, S., Podestà, S. y Resemini, S. (2002). *WP4-Vulnerability assesment of current buildings: I level methodology for the vulnerability assessment of current buildings and guidelines for the implementation. RISK-UE project: an advanced approach to earthquake risk escenarios with application to different European towns. Contract No. EVK4-CT-2000-0014*. 28 pp.

Lagomarsino, S., Giovinazzi, S., Podestà, S. y Resemini, S. (2003). *WP05. Vulnerability assessment of historical and monumental buildings. Handbook*. RISK-UE project: An advanced approach to earthquake risk scenarios with applications to different European towns. Contract No.EVK4-CT-2000-00014. DISEG, University of Genoa, Genoa. 90 pp.

Lantada, N. y Nuñez, A. (2002). *Sistemas de Información Geográfica. Prácticas con ArcView*. Edicions UPC, Barcelona. 226 pp.

Lazzari, M. y Salvaneschi, P. (1996). Integrating GIS and artificial intelligence for landslide hazard monitoring. *Workshop on Geographical Information Systems and Major Hazards*, Walferdange (Grand Duchy of Luxemburg).

Leymarie, F. (1996). 3D Database & GIS for major hazards mitigation. *Workshop on Geographic Information Systems and Major Hazards*, Walferdange (Gran Duchy of Luxemburg).

LOSAN (1978). *Mapa geotécnico de Barcelona, Badalona, Esplugues, L'Hospitalet, Sant Adrià, Sta. Coloma. 1 mapa, p.32*.

Lungu, D., Aldea, A., Arion, A., Vacareanu, R., Petrescu, F. y Cornea, T. (2001). *WP1 Report European distinctive features, inventory database and typology*. Risk-UE Project. 58 pp.

Maldonado, E. (2000). Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad sísmica en puentes. *Tesis doctoral*. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

Mañà, F. (1997). *Vulnerabilitat sísmica dels edificis de la ciutat de Barcelona*. ITEC, Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya, Barcelona. (en catalán).

Marçot, N. (2001). *WP01, Objetive 2: Inventory database and typology for the city of Nice*.

Martel, R. R. (1964). *Earthquake damage to type III buildings in Long Beach, 1933*. Earthquake investigations in the Western United States 1931-1964, Publication 41-2. Department of Commerce, Coast and Geodetic Survey, Washington D. C.

Martí, G., Oller, P., García, C., Mases, M., Martínez, P. y Roca, A. (1998). The avalanche paths cartography in the Catalonia Pyrenees. *I Asamblea Hispano Portuguesa de Geodesia y Geofísica,* Aguadulce (Almería)**,** 498.

Martí, O. (1999). Anàlisi del risc sísmic en la ciutat de Barcelona. Aspectes relacionats amb l'evolució espai temporal del risc sísmic. *Tesina de especialidad*. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. 96 pp. (en catalán).

Masure, P. y Lutoff, C. (2002). *WP03. Handbook on Urban System Exposure (USE) assessment to natural disasters*. BRGM, Marsella (Francia). 48 pp.

McCormack, T. C. y Rad, F. N. (1997). "Earthquake loss estimation methodology for buildings based on ATC-13 and ATC-21". *Earthquake Spectra* **13** (4): 605-621.

Mena, U. (2002). Evaluación del Riesgo Sísmico en Zonas Urbanas. *Tesis doctoral*. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. 240 pp.

Milutinovic, Z. y Petrovsky, J. (1985). Earthquake vulnerability and loss assessment for physical and urban planning. *Proceedings of the International Conference on Reconstruction, Restoration and Urban Planning of Towns and Regions in Seismic Prone Areas,* IZIIS. Skopje, Yugoslavia.

Milutinovic, Z. V. y Trendafiloski, G. S. (2003). *WP04. Vulnerability of current buildings*. RISK-UE project: An advanced approach to earthquake risk scenarios with applications to different European towns. Contract No.EVK4-CT-2000-00014. Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology (IZIIS), Skopje. 109 pp.

Milutinovic, Z. V. y Trendafiloski, G. S. (2001). *WP01, Objective 2: Prevalent building typology in the city of Bitola*.

Moreno, R. (2006). Análisis no lineal estático y dinámico para la evaluación del riesgo sísmico en edificios: aplicación a diversos escenarios sísmicos de Barcelona. *Tesis doctoral*. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. 332 pp.

Moreno, R., Pujades, L. G., Barbat, A. H. y Aparicio, A. C. (2004). Influence of masonry infills walls on the seismic behaviour of multi-storeys waffle slabs RC buildings. *Proceedings of the 13th World Conference on Earthquake Engineering,* Vancouver B.C (Canadá), CD-ROM**,** Paper No.209.

Mouroux, P., Bertrand, M., Bour, M., Brun, B. L., Depinois, S., Masure, P. y Risk-UEteam (2004). The European Risk-UE Project: an advanced approach to earthquake risk scenarios. *Proceedings of the 13th World Conference Earthquake Engineering,* Vancouver B.C (Canadá), CD-ROM**,** Paper No. 3329.

Munich Reinsurance Company (1998). *World Map of Natural Hazards*. 3a ed., Munich.

MV101 (1963). *Norma N.V.101-1962. Acciones en la edificación*. Ministerio de la Vivienda, decreto del 17 de enero de 1963 (195/1963).

NCGIA National Center for Geographic Information and Analysis (1990). *I. Introduction to GIS*. University of California, Santa Bárbara (California).

NCSE-02 (2002). *Norma de Construcción Sismorresistente Española. Parte General y de Edificación, Comisión Permanente de Normas Sismorresistente, Real Decreto 997/2002 del 27 de septiembre de 2002, Boletín Oficial del Estado nº 244, viernes 11 de octubre de 2002*. Ministerio de Fomento. 35898-35987 pp.

NCSE-94 (1994). *Norma de Construcción Sismorresistente Española, Parte General y de Edificación*. Comisión Permanente de Normas Sismorresistentes, Real Decreto 2543/1994 del 29 de diciembre de 1994, Boletín Oficial del Estado nº 33, miércoles 8 de febrero de 1995. 3936-3980 pp.

NIBS: National Institute of Buildings Sciences (2000). ). Disponible en: <http://www.nibs.org/hazusweb/index.htm> (último acceso 23 de marzo de 2007)

NTE-ECS (1973). *Norma Tecnológica de la Edificación "Estructuras a cargas sísmicas"*. Ministerio de la Vivienda, Orden del 15 de febrero de 1973.

Okazaki, K. y RADIUS, T. (2000). RADIUS initiative for IDNDR- How to reduce urban seismic risk. *12th World Conference on Earthquake Engineering,* Auckland, New Zealand, CD-ROM.

Ordaz, M., Aguilar, A. y Arboleda, J. (1999). *Program for computing seismic hazard, CRISIS 99-18*, México.

Orsini, G. (1999). "A model for buildings' vulnerability assessment using the parameterless scale of seismic intensity (PSI)". Earthquake Spectra **15** (3): 463-483.

Papathoma, M., Dominey-Howes, D., Zong, Y. y Smith, D. (2003). "Assessing tsunami vulnerability, an example from Herakleio, Crete". *Natural Hazards and Earth System Science* **3** (5): 377-389.

Paricio, A. (2001). *Secrets d'un sistema constructiu: l'Eixample*. Ediçions UPC, Barcelona. 100 pp. (en catalán).

Pascual, G. y Carreño, E. (1999). Susceptibilidad al movimiento del terreno: Aproximación mediante un SIG. *1er Seminario Iberoamericano sobre nuevas tecnologías y gestiones de catástrofes. Resúmenes de la sesión técnica,* Madrid.

PDS-1 (1974). *Norma Sismorresistente P.D.S.-1*. Comisión Interministerial de la Presidencia del Gobierno, Decreto de 30 de agosto de 1974, BOE, 279, 21 de noviembre de 1974. 3723-3740 pp.

PGS-1 (1968). *Decreto 106/1968, de 16 de enero, por el que se aprueba la aplicación de la «Norma Sismorresistente PGS 1 (1968), parte A»*. Presidencia del Gobierno. BOE 30/1968. Fecha de publicación. 04/02/1968. 1658 pp.

Polovinchik, E. F. y Klyachko, M. A. (1995). Development of Geoinformational System (GIS) for analysis and management of seismic risk on the urban areas. *Proceedings of the 10th European Conference on Earthquake Engineering*, Balkema. Rotterdam, Duma**,** 1141-1146.

Porter, K. A., Scawthorn, C. R. y Beck, J. L. (2006). "Cost-effectiveness of stronger woodframe buildings". *Earthquake Spectra* **22** (1): 239-266.

Pujades, L. G. (2006). Comunicación personal, Barcelona.

Pujades, L. G., Canas, J. A., Mena, U., Espinoza, F., Alfaro, A. J. y Caselles, O. (2000). Seismic risk evaluation in Barcelona, Spain. *12th World Conference on Earthquake Engineering*, Auckland, New Zealand, CD-ROM**,** Paper No. 2810.

RADIUS: Risk Assessment tools for DIagnosis of Urban areas against Seismic Disasters (2000). Disponible en: <http://www.geohaz.org/contents/projects/radius.html> (último acceso 16 de marzo de 2007).

Ren, S. y Gaus, M. P. (1996). *GIS tools for regional bridge seismic risk assessment. Technical Report Department of Civil Engineering GIS-2.* State University of New York at Buffalo. 273 pp.

Risk-UE (2003). An advanced approach to earthquake RISK scenarios with applications to different European towns. European Commission 5FP - City of Tomorrow and Cultural Heritage. CEC Contract Number: EVK4-CT-2000-00014. Duration: 44 Months (15/01/2001-30/09/2004). Disponible en: <http://www.risk-ue.net/> (último acceso 23 de marzo de 2007).

Roca, A., Goula, X., Susagna, T., Chávez, J., González, M. y Reinoso, E. (2006). "A Simplified Method for Vulnerability Assessment of Dwelling Buildings and Estimation of Damage Scenarios in Catalonia, Spain". *Bulletin of Earthquake Engineering* **4** (2): 141-158.

Safina, S. (2002). Vulnerabilidad sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo. *Tesis doctoral*. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. 272 pp.

Salvà, J. (2002). *Diccionari de les arts: arquitectura, escultura i pintura*. Edicions UIB, Palma de Mallorca. 232 pp. (en catalán)

Santacana, N. (2001). Análisis de la susceptibilidad del terreno a la formación de deslizamientos superficiales y grandes deslizamientos mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica. Aplicación a la cuenca alta del río Llobregat. *Tesis*

*doctoral*. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona. 399 pp.

Scawthorn, C., Iemure, H. y Yamada, Y. (1981). "Seismic damage estimation for low and mid-rise buildings in Japan". *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* **9** (2): 93-115.

SEAOC (1980). *Recommended lateral force requirements and Commentary*. Seismology Committee, Structural Engineering Association of California, San Francisco, California.

Secanell, R. (1999). Avaluació de la perillositat sísmica a Catalunya: anàlisi de sensibilitat per a diferents models d'ocurrència i paràmetres sísmics. *Tesis doctoral*. Universidad de Barcelona. Barcelona. 335 pp. (en catalán).

Secanell, R., Goula, X., Susagna, T., Fleta, J. y Roca, A. (2004). "Seismic hazard zonation of Catalonia, Spain integrating uncertainties". *Journal of Seismology* **8** (1): 24-40.

SERGISAI: SEismic Risk evaluation through integrated use of Geographical Information Systems and Artificial Intelligence techniques. (1998), Commission of the European Communities Directorate General XII for Science, Research and Development. Contract: ENV4-CT96-0279. ). Disponible en: <http://sergisai.mi.ingv.it/> (último acceso 23 de marzo de 2007).

SES2002 (2002). *Simulación de escenarios sísmicos, SES 2002. Manual técnico*. Ministerio del Interior. Dirección General de Protección Civil e Instituto Geográfico Nacional, Madrid. 47 pp.

SISMICAT (2003), Pla especial d'emergències sísmiques a Catalunya, 33 pp. Disponible en: <http://www.gencat.net/interior/esc/docs/esc_sismicat.pdf> (último acceso 23 de marzo de 2007) (en catalán).

Smardjieva, E. y Badal, J. (2002). "Estimation of the Expected Number of Casualties Caused by Strong Earthquakes". *Bulletin of the Seismological Society of America* **92** (6): 2310-2322.

Solé, L. (1975). *Geografia de Catalunya*. Aedos, Barcelona. 723 pp. (en catalán).

Sponheuer, W. (1960). "Methoden zur Herdtirefenbestimmung in der Makroseismic." *Freiberger Forschungshefte*: C88, 117.

Sugimoto, T., Murakami, H., Kozuki, Y., Nishikawa, K. y Shimada, T. (2003). "A human damage prediction method for tsunami disasters incorporating evacuation activities". *Natural Hazards* **29** (3): 585-600.

Susagna, M. T. y Goula, X. (1999). *Atles sísmic de Catalunya*, Barcelona: Institut Cartogràfic de Catalunya. (en catalán).

Schweier, C. y Markus, M. (2006). "Classification of Collapsed Buildings for Fast Damage and Loss Assessment". *Bulletin of Earthquake Engineering* **4** (2): 177-192.

TERMCAT, Centre de Terminologia (2000). *Diccionari visual de la construcció*. 2ª ed. Generalitat de Catalunya, Departament de Política Territorial i Obres Públiques, Barcelona. (en catalán)

Tiedemann, H. (1992). *Earthquakes and Volcanic Eruptions, a Handbook on Risk Assessment*. Swiss Re Publication, Zurich. 951 pp.

Udwin, D. (1981). *Introductory spatial analysis*. Ed. Methuen, London. 212 pp.

UNDRO (1979). *Natural disasters and vulnerability analysis. Report of Expert Group Meeting*. Geneve.

UPV, Universidad Politécnica de Valencia (2003). SIG de Control de Deslizamiento de Laderas, Dpto. Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia.

Vacareanu, R., Lungu, D., Aldea, A. y Arion, C. (2004). *WP07. Report Seismic Risk Scenarios Handbook*. Risk-UE Project, Bucarest. 50 pp.

Varnes, D. J. (1984). *Landslide hazard zonation: a review of principles and practice*. Natural Hazards. nº 3. UNESCO, Paris. 63 pp.

Vatti, M., Remata, S. R. y Chigbu, P. (2003). Simulations of "the historic Southeast Louisiana and Southern Mississippi flood activity during May 8-10th, 1995" to build a prototype GIS/RS based ERAISA (Environmental Risk Assessment Integrative Systems Approach) for Gulf Coastal States of the United States. *2003 IGARSS: Learning From Earth's Shapes and Colours, Jul 21-25 2003,* Toulouse, France, Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc.**,** 2520-2522.

Villacis, C., Cardona, C. N. y Tucker, B. (2000). Implementation of fast earthquake scenarios for risk management in developint countries. *12th World Conference on Earthquake Engineering,* Auckland, New Zealand, CD-ROM.

Wang, X. y Huand, X. (2000). The earthquake disaster prediction and decision support system in southern area of Fujian province of China. *12th World Conference on Earthquake Engineering,* Auckland, New Zealand, CD-ROM.

Whitman, R. W. (1973). *Damage probability matrices for prototype buildings*. Massachusetts Institute of Technology, Department of Civil Engineering Research. Report R73-57, Cambridge. Massachusetts, USA.

Yépez, F. (1994). Vulnerabilidad Sísmica de Edificios de Mampostería para Estudios de Riesgo Sísmico. *Tesis de Master.* Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona.

Yépez, F. (1996). Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad y riesgo sísmico de estructuras aplicando técnicas de simulación. *Tesis doctoral*. Dpto. Ingeniería del Terreno, Cartográfica y Geofísica. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona (Spain). 215 pp.

Yépez, F., Barbat, A. H. y Canas, J. A. (1995). *Simulación de escenarios de daño para estudios de riesgo sísmico*. Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, CIMNE, Barcelona, monografía IS-14. 103 pp.

Yuan, M. (2005). "Beyond mapping in GIS applications to environmental analysis". *Bulletin of the American Meteorological Society* **86** (2): 169-171.

Yuan, M., Dickens-Micozzi, M. y Magsig, M. A. (2002). "Analysis of tornado damage tracks from the 3 May tornado outbreak using multispectral satellite imagery". *Weather and Forecasting* **17** (3): 382-398.

Zavoianu, F., Turdeanu, L. y Dinulescu, L. (2000). "L'evaluation des catastrophes naturelles en milieu urbain par télédétection, photogrammétrie et technologies GIS". *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* **33**: 1747-1750.

Zerger, A. y Wealands, S. (2004). "Beyond Modelling: Linking Models with GIS for Flood Risk Management". *Natural Hazards* **33**: 191-208.